AMEA-nın Xəbərləri (biologiya elmləri), cild 64, №5-6, səh. 61-66 (2009)

Исследование Электрических Свойств Почвы на Высоких Частотах

Ч.Г. Гюлалыев[1]*, А.П. Герайзаде[2], А.И. Поздняков[3]
*[*1]Институт Географии НАНА, *E-mail: gulaliyev_ch@yahoo.com*
[2]Институт Почвоведения и Агрохимии НАНА,
[3] МГУ им.М.В. Ломоносова

В работе содержатся результаты экспериментальных исследований зависимости электрофизические свойства (диэлектрической проницаемости, удельной электропроводимости и тангенса угла диэлектрических потерь) некоторых типов почв Азербайджана. Экспериментальные исследования выполнялись посредством моста переменного тока Л2-7 в диапазоне частот 0,4-10,0 МГц, температурные измерения проводились с помощью ультратермостатом УТ-15. При этом был использован измерительный конденсатор специальной конструкции с термостатирующим устройством. На основании указанных исследований углублены теоретические представления о электрофизических свойствах почвы.

Ключевые слова: *диэлектрическая проницаемость, удельная электропроводимость, тангенс угла диэлектрических потерь, влажность, почва, частота, гумус, солончак*

ВВЕДЕНИЕ

На диэлектрические свойства почвы существенное влияние оказывают частота электрического поля, влажность, объемная масса, температура, механический и солевой составы. Между тем сведений о таком влиянии в литературе содержится недостаточно, их появление носит эпизодический характер (Вадюнина и Корчагина, 1986; Мамедов и др. 2000, 2008; Поздняков и Гюлалыев, 2004; Поздняков, 2008; Смерников и др., 2008; Троицкий и др., 1986; Троицкий, 1979; Pozdnyakov et al., 2006).

Отметим что, важное значение имеет исследование электрофизических свойств почв засоленного ряда, поскольку обработка почвы постоянным и переменным током одновременно увеличивает электромелиоративный эффект. Сведения об электрических свойствах различных почв необходимы для расчета мелиоративного эффекта тока (Вадюнина и Корчагина, 1986; Поздняков, 2008; Pozdnyakov et al., 2006).

В данной статье приводятся результаты исследований удельной электропроводимости, диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь трех почв Кура-Араксинской низменности в частотном диапазоне 0,4-10,0 МГц при влажностях 10% и при температуре 20^{0}С.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были почвы различных биоклиматических зон Кура-Араксинской низменности Азербайджанской Республики, отражающие основные процессы почвообразования: сероземные.

Физические и химические свойства почв изучены по общепринятым методикам (Александрова и Найденова, 1986; Вадюнина и Корчагина, 1986). Почвенные разновидности объекта исследования можно расположить в следующем порядке: сероземно-луговые (разр.12), пойменно-луговые (разр.13) и солончак (разр.14).

В таблице 1 показаны некоторые агрофизические свойства исследуемых почв.

Наибольшая величина гигроскопической влаги (ГВ) и максимально гигроскопичес-кой влаги (МГ) наблюдается в разр.14, а наименьшее, в разр.12. Это соответствует механическому составу почв.

Рассмотренные разрезы заметно отли-чаются по механическому составу (Таблица 2), но все же по всем разрезам механи-ческий состав почв в целом средне и тя-желосуглинистые, лишь иногда встреча-ются легкоглинистые. Содержание ила и физической глины изменяется в широких переделах. В местах, более удаленных от речных русел, на склонах или в неглубоких плоских галлах, где исключается длительный застой поверхностных вод, формируются молодые почвы, но более тяжелого механического состава.

Механический состав рассмотренных почв в горизонтах A_n и AB по содержанию физиической глины и, в особенности, иловатой фракции (< 0,001 мм) ясно показывает оглиненность аккумулятивных почвенных горизонтов. Количество физической глины в почвенном профиле колеблется в разр. 12 от 35,69 до 63,01%, или

Таблица 1. Некоторые агрофизические характеристики почв, %

Название почвы	Номер разреза (разр.)	Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	ГВ, %	МГ, %	ВЗ, %	ППВ, %
Сероземно-луговые	12	Аn	0-23	1,25	4,04	7,68	10,29	29,1
		Апп	23-41	1,13	3,80	5,71	7,65	28,4
		В1	41-72	1,06	4,61	7,36	9,86	30,4
		В2	72-96	0,76	3,42	4,76	6,38	29,3
		С	96,117	0,68	3,61	5,04	6,75	25,7
Пойменно-луговые	13	Аn	0-22	2,17	4,10	7,30	9,78	28,3
		Аnn	22-41	1,93	4,40	7,04	9,43	24,6
		АВ	41-52	1,98	4,70	7,52	10,08	26,3
		В	52-76	0,98	4,60	7,87	10,55	27,4
		ВС	76-82	0,78	4,30	7,31	9,80	26,3
		С	82-115	0,55	4,30	7,31	9,80	23,7
Солончак	14	А′n	0-12	0,96	5,8	6,08	8,15	24,4
		АВ	Dec-35	0,78	4,8	7,20	9,65	22,3

Таблица 2. Механический состав почв

Номер разреза (разр.)	Глубина, см	Содержание фракций в % от веса сухой почвы, мм						
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<100,0	<10,0
12	0-23	14,0	0,37	22,62	5,65	25,05	32,31	63,01
	23-41	14,0	1,26	23,75	13,53	11,51	35,95	60,99
	41-72	16,1	6,15	26,45	10,10	17,37	23,83	51,30
	72-96	17,1	7,17	26,45	10,50	16,56	22,22	49,28
	96-115	16,4	34,25	13,66	6,33	6,11	23,25	35,69
13	0-22	15,0	6,03	8,89	13,33	23,63	33,12	70,08
	22-41	16,0	1,12	13,20	16,36	18,99	34,33	69,68
	41-52	12,0	1,36	9,29	16,16	23,22	37,97	77,35
	52-76	14,80	9,47	11,10	17,78	16,15	30,70	64,63
	76-82	13,30	0,24	18,55	7,75	27,13	33,03	67,91
	82-115	14,50	0,07	20,00	18,70	10,58	36,15	65,43
14	0-12	16,70	9,31	24,32	12,26	12,89	24,52	49,67
	Dec-35	17,7	5,76	22,21	11,31	17,57	25,45	54,33

от 22,22 до 35,95 %, соответственно в разр. 13 глины от 30,70 до 36,15, ила от 65,43 до 77,35 разр. 14 глина от 24,52 до 25,45, ила от 49,67 до 54,33 (Таблица 2). По количеству легкорастворимых солей исследуемые почвы располагаются в следующем убывающем ряду: солончак, сероземно-луговые, пойменно-луговые (Таблица 3).

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что сероземно-луговые почвы изученных районов характеризуются преобладанием иловато-пылеватой фракции в верхнем метровом слое, а в нижних горизонтах доминируют песчано-пылеватые фракции. Из морфологического описания разрезов видно, что сероземно-луговые почвы имеют комковато-глыбистую структуру в верхних аккумулятивных горизонтах, которая вниз по профилю постепенно утрачивается.

Для наглядности ниже приводим морфологическое описание сероземно-луговых почв в Мугано-Сальянском массиве (разр. 12).

Таблица 3. Анализ полной водной втяжки почв (числитель процент, знаменатель мг-экв.)

Глубина, см	Плотный остаток, %	$CO_3^{=}$	. $HCO_3^{=}$ проц мг-экв.	. Cl^{-} проц мг-экв.	$SO_4^{=}$ проц мг-экв.	Сумма анионов Проц мг-экв	Ca^{++} проц мг-экв.	Mg^{++} проц мг-экв.	Сумма катионов проц мг-экв.	Na проц мг-экв.	Сумма солей проц. мг-экв
разр. 12											
0-23	0,260	нет	0,049	0,052	0,093	0,194	0,022	0,008	0,030	0,055	0,279
			0,800	1,460	1,940	4,200	1,100	0,700	1,800	2,400	8,400
23-41	1,422	-	0,37	0,350	0,586	0,973	0,184	0,046	0,230	0,225	1,428
			0,600	10,00	12,20	22,80	9,200	3,800	13,00	9,800	45,60
41-72	0,560	-	0,039	0,053	0,350	0,442	0,067	0,032	0,099	0,026	0,567
			0,640	1,500	7,290	9,430	5,600	2,700	8,300	1,130	18,86
72-96	0,328	-	0,039	0,049	0.168	0,256	0,025	0,019	0,044	0,042	0,342
			0,640	1,380	3,500	5,520	2,100	1,600	3,700	1,820	11,04
96-117	0,612	-	0,42	0,049	0,397	0,488	0,062	0,039	0,101	0,042	0,631
			0,680	1,380	8,270	10,33	5,200	3,300	8,500	1,830	20,66
разр. 13											
0-22	0,098	-	0,039	0,019	0,024	0,082	0,006	0,005	0,011	0,022	0,115
			0,640	0,520	0,500	1,660	0,300	0,400	0,700	0,960	3,320
22-41	0,099		0,039	0,011	0,032	0,082	0,010	0,005	0,015	0,017	0,114
			0,640	0,320	0.67	1,63	0,500	0,400	0,900	0,730	3,260
41-52	0,148		0,049	0,021	0,053	0,123	0,012	0,008	0,020	0,027	0,170
			0,800	0,600	1,100	2,50	0,600	0,700	1,300	1,200	5,000
52-76	0,156	нет	0,049	0,011	0,066	0,126	0,016	0,008	0,024	0,023	0,173
			0,800	0,320	1,370	2,490	0,800	0,700	0,500	0,990	4,980
76-82	0,110	-	0,042	0,014	0,035	0,091	0,008	0,005	0,013	0,023	0,127
			0,680	0,400	0,730	1,810	0,400	0,400	0,800	1,010	3,620
82-115	0,140	-	0,042	0,019	0,054	0,115	0,012	0,008	0,020	0,023	0,158
			0,680	0,520	1,120	2,320	0,600	0,700	1,300	1,020	4,640
разр. 14											
0-12	2,580	-	0,024	1,134	0,537	1,695	0,164	0,116	0,280	0,599	2,584
			0,400	32,400	11,18	43,98	8,200	9,700	17,90	26,08	87,96
12-35	3,536	-	0,032	1,221	1,109	2,362	0,284	0,136	0,420	0,759	3,541
			0,520	34,90	23,09	58,51	14,20	11,30	25,50	33,01	117,0

Разрез 12 расположен в Мугано-Сальянском массиве между Курой и селением Боят. Рельеф ровный, почвообразующая порода - слоистый аллювий.

A_n 0-23 см - Буровато-серый, легкоглинистый, комковатый, плотный, корни и корешки, местами растительные остатки, влажноватый, переход постепенный, бурно вскипает.

A_{nn} 23-41 см - Сероватый, легкоглинистый, крупно-глыбистый, плотный, редкие волосяные корешки, влажноватый переход постепенный, бурно вскипает.

B_1 41-72 см - Буровато-палевый, тяжелосуглинистый, комковато-глыбистый, редкие корешки, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

B_2 72-96 см - Серовато-палевый, тяжелосуглинистый, плотный, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

С 96-117 см - Светло-палевый, среднесугли нистый, плотноватый, бесструктурный, влажный, бурно вскипает.

Разрез 13 расположен в Мугано-Сальянском массиве, село Кюркенди Сабирабадского района Азербайджанской республики, на правобережной надпойменной террасе реки Кура (на расстоянии 0,5 км от современной ее поймы к юго-востоку от Куры). Почвообразующие породы представляют собой карбонатно-слоистый аллювий реки Куры.

A_n 0-22 см - Темно-буроватый, легкоглинистый, крупно-комковатый, плотный, корни и корешки, трещины, влажноватый, переход постепенный, слабо вскипает.

A_{nn} 22-41 см - Серовато-бурый, легкоглини-

стый, крупно-глыбистый, плотный, корни-корешки, трещины, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

AB 41-52 см - Буровато-палевый, среднесуглинистый, глыбистый, плотный, корешки, трещины, влажный, переход постепенный, бурно вскипает.

B 52-76см - Палевый, легкоглинистый, структура не выражена, рыхлый, влажный, переход заметный, бурно вскипает.

BC 76-82 см - Буро-палевый, легкоглинистый, плотноватый, влажный, переход заметный, бурно вскипает.

C 82-115 см - Желтовато-палевый, легкоглинистый, пластинчатый, плотный, влажный, бурно вскипает.

Если сероземно-луговые (разр. 12) почвы, характеризуются по всему профилю разнообразным механическим составом, то пойменно луговые (разр. 13) почвы Мугано-Сальянского массива по механическому составу примерно однообразны (табл.2). Как видно величина физической глины (< 0,01 мм) по всему профилю незначительно уменьшается. Выявляется некоторое перемещение илистых фракций из верхних в нижележащие горизонты. Илистые фракции по всему профилю распределяются не равномерно. Содержание их по профилю колеблется в пределах от 30,70 до 37,97%.

Содержание гумуса незначительно около (A_n) 1,24%, вниз до материнской породы приближается к 0,3-0,2% и меньше. Содержание солей в верхних слоях почв ничтожное, но постепенно повышается вниз по почвенному профилю. Плотный остаток (разр.13) колеблется от 0,098 до 0,0156%. В целом почвы относятся к незасоленным, но встречаются и засоленные.

Солончак (разр.14). Сероземы солончаковые обычно занимают повышенные, а солончаковатые - пониженные элементы рельефа, где имеются условия для выщелачивания легкорастворимых солей. В связи с этим на фоне сероземных почв местами формируются солонцеватые их разновидности, которые отличаются от обыкновенных сероземных почв.

Разрез 14 расположен в Мугано-Сальянском массиве около 1 км к северу магистрального шоссе Сальян-Нефтечала. Зимнее пастбище, равнина, встречаются жирные солянки, петросимоним.

A_n^1 0 - 12 см - Буроватый, тяжелосуглинистый, комковатый, плотноватый, корни и корешки, скопления солей, влажный, переход постепенный, бурно вскипает. *AB* 12 - 35 см - буроватый, тяжелосуглинистый, слоистый, выцветы солей, влажный, бурно вскипает.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Частотные зависимости удельной электропроводимости (σ), диэлектрической проницаемости (έ) и тангенса угла диэлектрических потерь (tgδ) представленные на рис. 1 и 2 являются характерными для всех исследуемых почв.

Принятая нами методика предусматривает возможность сопоставления параметров почв.

Из рисунки 1 и 2 видно что, с повышением частоты f диэлектрическая проводимость и тангенс угла диэлектрических потерь почвы в низкочастотном интервале диапазона убывает сначала очень быстро, затем темп ее убывания заметно спадает. При больших частотах эти зависимость убывает медленно. Из графиков видно что,

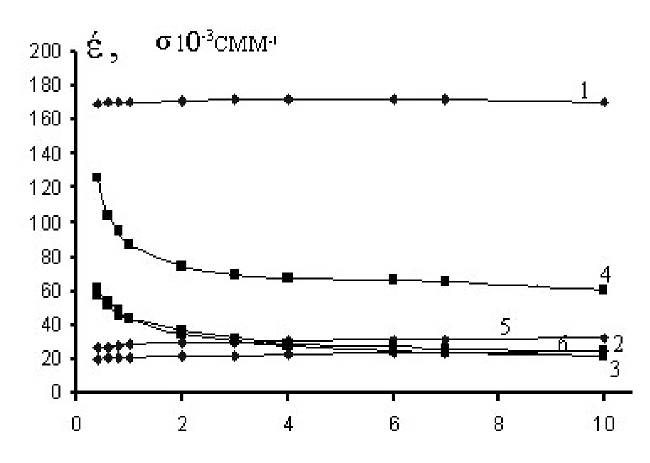


Рис.1. Зависимость удельной электропроводимости (1- разр.14; 2- разр.13; 3- разр.12) и диэлектрической проницаемости (4- разр.14; 5- разр.12; 6- разр.13) почв от частоты электрического поля, МГц

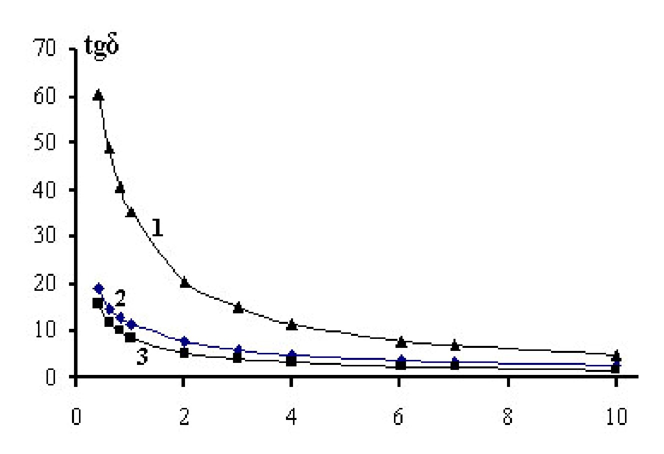


Рис.2. Зависимости тангенса угла диэлектрических потерь почвы (1- разр.14; 2- разр.12 ; 3- разр.13) от частота электрического поля, МГц

у всех перечисленных почв в диапазоне частот от 0,4 до 10 МГц наблюдается четко выражения частотная дисперсия диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь. У всех почв наклон кривых έ(f) и tgδ(f) достигает наибольшей величины в низкочастотном диапазоне, с увеличением частоты наклон становится меньшим. Отмеченная выше закономерность изменения диэлектрической проницаемость и тангенса угла диэлектрических потерь с увеличением частоты не нарушается также в диапазоне частот до 10 МГц.

Закономерность поведения удельной электропроводимости σ почв в зависимости от изменения частоты прослежены в рис.1. Заметим что, удельной электропроводимость возрастает с повышением частоты. При этом, в области частот 0,4-1 МГц наблюдается наиболее сильное возрастание σ. Отсюда видно, что увеличением частоты наибольшие значения прироста удельной электропроводимости наблюдаются при низких частотах. Частотная зависимость удельной электропроводимости почвы (в диапазон частот от 0,4 до 10 МГц) математически может быть выражена посредством эмпирической формулы. Однако, в частотных характеристиках σ(f) и έ(f) много общих черт.

В поведении удельной электропроводимости и диэлектрической проницаемости почвы резкий спад έ и крутой подъем σ в низкочастотном интервале, постепенное выравнивание этих частотных характеристик в высокочастотном. Кроме того, изменение вида кривых έ(f) при переходе от одной почвы к другой, сопровождается соответствующими изменениями и в виде кривых σ(f). Указанную взаимосвязанность изменений диэлектрической проницаемости, удельной проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь почвы с изменением частоты следовало ожидать, так как в формировании и той и другой зависимости лежит, едины релаксационный процесс.

ВЫВОДЫ

Следует, заметить, что характеристики σ(f) почвы не является зеркальным отражением характеристик έ(f), так как на удельную электропроводимость почвы вносит свой вклад не только поляризации, но и влажность почвы. Отметим, что изменение частоты не так сильно отражается на относительном изменения удельной электропроводимости почвы, как на относительном изменении ее диэлектрической проницаемости.

Обобщение полученных материалов по частотной дисперсии позволило ввести некоторые представлении о природе электрических свойств почвы, в том числе и о природе частотной дисперсии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова Л.Н., Найденова О.А. (1986) Лабораторно-практические занятия по почвоведению:- 4-е изд., перераб. И доп. Л.: Агропромиздат: 295.

Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. (1986) Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат: 416.

Мамедов Н.А., Герайзаде А.П., Троицкий Н.Б., Гюлалыев Ч.Г. (2000) Структурно-функциональные аспекты влияния частоты на тангенс угла потерь почвы. Изв. БДУ, сер. физ.-мат. **3**: 60-65.

Мамедов Н.А., Герайзаде А.П., Гюлалыев Ч.Г. (2008) Исследование связи между влагой и диэлектрической проницаемостью почвы в области высоких частот. Изв. БДУ, сер. физ.-мат. **4**: 135-138

Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. (2004) Электрические свойства некоторых почв. Москва-Баку: 240.

Поздняков А.И. (2008) Электрические параметры почв и почвообразование // Почвоведение.**10**: 1188-1197.

Смерников С.А., Поздняков А.И., Шеин Е.В. (2008) Оценка подтопления почв городов электрофизическими методами.// Почвоведение. **10**: 1198-1204.

Троицкий Н.Б., Гюлалыев Ч.Г., Герайзаде А.П. (1986) Зависимость диэлектрической проницаемости почвы от влажности // Доклады ВАСХНИЛ, **7:** 39-41.

Троицкий Н.Б. (1979) О электрических свойствах почвы// Генезис и плодородие почв. Межвузовский сборник научных трудов. Кшинев: 28-30.

Pozdnyakov A.I., Pozdnyakova L.A.,Karpachevski L.O. (2006) Relationship between Water Tension and elektrikal resistivity in soil // Eurasian Soil Science.. **39 (**suppl.1): 78-83.

Ç.G. GÜLALIYEV, A.P. GƏRAYZADƏ, A.I. POZDNYAKOV

Torpağin Elektrik Xassəsinin Yüksək Elektrik Tezliyində Tədqiqi

Təqdim edilən məqalədə Azərbaycanın bir neçə torpaq tipinin elektrik-fiziki xassəsinin (dielektrik nüfuzluğu, elektrikkeçiriciliyi və dielektrik itki bucağının tangensi) təcrübi nəticələri şərh edilmişdir. Təcrübələr körpü üsuluna əsaslanan Л2-7 cihazında, 0,4-10,0 MHs tezlikli dəyişən cərəyan intervalında və temperatursabitləşdirici UT-15 vasitəsi ilə yerinə-yetirilmişdir, Alınan nəticələr torpaqların elektrik-fiziki xassələri haqqında biliklərin daha da dərinləşməsinə xidmət edər.

Ch.G. Gulaliyev, A.P. Gerayzade, A.I. Pozdnyakov

Research of Electrical Properties of Soil on High Electrical Frequencies

This work contains the experimental results of researches of dependence of physical properties (dielectrical of permeability, specific conductivity and tangens of a corner of losses) of some types of Azerbaijan soils. The experimental researches were carried out by means of the bridge of an alternating current E2-7 in a range of frequencies 0,4-10,0 MHs. The temperature measurements were carried out with the help of ultra-thermostst UT-15. Thus to the take measurement of condenser was used a special designed device and a ultra-thermostst . On the basis of the specified researches the theoretical representations about physical properties of soil were profound.